

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Menentukan Jumlah Penduduk

Kriteria Perencanaan Air Bersih yang dikeluarkan oleh Departemen Pekerjaan Umum melalui Direktorat Jenderal Cipta Karya menyebutkan hunian baru harus memiliki air bersih yang cukup untuk lima orang per unit.

2.2 Sistem Penyediaan Air Bersih

Sistem penyediaan air bersih adalah jaringan atau rangkaian sistem distribusi yang menyalurkan air bersih ke wilayah layanan dan menghubungkan langsung dengan konsumen. Komponen sistem ini meliputi jaringan hidran kebakaran, instalasi perpipaan, dan penggunaan pompa bila diperlukan.

Berdasarkan Peraturan Pemerintah (PP) No. 122 Tahun 2015 mengenai Sistem Penyediaan Air Minum (SPAM), sistem ini bertujuan untuk memastikan kualitas air minum yang baik dan ketersediaan air bersih yang stabil. Hal-hal berikut merupakan bagian dari sistem penyediaan air bersih:

1. Segmen Air Baku

Ini adalah bangunan dan sistem yang digunakan untuk mendapatkan dan menerima air baku. Bangunan dan sistem ini meliputi tangki penampungan, struktur untuk mengambil atau menyadap air, sistem pengukuran dan pelacakan, instalasi pemompaan, jalur distribusi, dan peralatan lain yang membantu. Persyaratan hukum menyatakan air baku harus memenuhi standar tertentu agar dapat digunakan sebagai sumber air bersih.

2. Segmen Produksi

Unit ini berfungsi sebagai sarana untuk mengolah air baku menjadi air yang memenuhi standar layak konsumsi, melalui serangkaian proses fisika, kimia, maupun biologi. Bagian produksi mencakup fasilitas

pengolahan, unit operasional, perangkat pengukuran, sistem pemantauan, serta bangunan penampungan air.

3. Segmen Diatribusi

Menyediakan jalur air bersih dari bangunan penyimpanan ke area layanan. Setiap hari, jaringan yang mengalirkan air bersih ke setiap unit layanan harus beroperasi dengan aman dan konsisten.

4. Segmen Pelayanan

Hidran umum, hidran kebakaran, dan sambungan ke setiap rumah merupakan bagian dari fasilitas ini. dirumah dan disambungan keran, meteran air mencatat jumlah air yang digunakan selama layanan. Pemerintah harus memantau meteran ini setiap hari untuk memastikan keakuratannya.

Sistem Penyediaan Air Minum (SPAM) bertugas memastikan ketersediaan air yang cukup untuk memenuhi kebutuhan yang direncanakan. SPAM terdiri dari berbagai bangunan, seperti fasilitas penampungan, jaringan untuk mengakses unit pengolahan, instalasi pengolahan air, dan sistem distribusi air. Semua aturan dan peraturan perundang-undangan harus dipatuhi terkait jumlah dan kualitas air yang diberikan.

2.3 Sumber Air Baku

Banyak orang menggunakan air bersih setiap hari untuk keperluan sehari-hari dan untuk keperluan rumah tangga. Air tersebut dapat berasal dari sungai, danau, tanah, atau sumber air lainnya, asalkan memenuhi standar air bersih.

a. Air Tanah

Air tanah merupakan sumber daya penting yang berasal dari lapisan batuan dan tanah di bawah permukaan bumi. Di zona tergenang inilah Anda dapat menemukan air tanah. Air tanah merupakan sumber air utama bagi makhluk hidup. Air tanah hadir dalam berbagai jenis, termasuk:

1. Mata Air

Mata air adalah sumber air hujan alami yang muncul dari bawah permukaan bumi. Mata air ini mengambil airnya dari akuifer. Kualitas dan debit mata air ini tetap konstan seiring musim.

2. Air Tanah Bebas Dan Dangkal

Efek ini terjadi karena air meresap ke dalam tanah dari atas. Lumpur dan partikel lainnya tersaring secara otomatis selama proses ini, sehingga air yang tersedot menjadi bersih. Namun, air ini masih mengandung zat kimia yang telah diserapnya, sehingga cukup baik, meskipun jumlahnya dapat berubah seiring musim.

3. Sumur Dalam

Mengeluarkan air dari sumur dalam lebih sulit daripada mengeluarkan air dari tanah. Untuk melakukannya, alat penggali harus digunakan untuk mencapai lapisan air pada kedalaman sekitar 100 hingga 300 meter, dan kemudian pipa harus dipasang. Sumur artesis adalah tempat dimana air akan mengalir bebas jika tekanan air didalam lapisan tersebut tinggi. Namun, jika aliran air rendah, Anda memerlukan pompa untuk mengeluarkan air dari tanah.

b. Air Laut

Sekitar 3% air laut mengandung natrium klorida (NaCl), yang memberikan rasa asin. Air laut tidak memenuhi standar untuk diminum atau dimakan karena mengandung terlalu banyak garam.

c. Atmosfer/Air Hujan

Jumlah polutan dalam air hujan sangat memengaruhi kualitasnya. Meskipun air hujan biasanya cukup bersih, polusi udara dapat membuatnya kotor. Oleh karena itu, air hujan sebaiknya ditampung terlebih dahulu, baru kemudian ditampung kembali setelah hujan turun beberapa lama, sebelum digunakan setiap hari.

d. Air Permukaan

Saat hujan, air permukaan meluap ke permukaan tanah. Airnya seringkali kotor karena lumpur, dedaunan, kayu, dan sampah dari perkotaan.

2.4 Kebutuhan Air Bersih

Direktorat Jenderal Cipta Karya menyatakan kebutuhan air suatu wilayah bergantung pada sumber air, cara hidup, jumlah penduduk, kondisi keuangan, dan informasi bentang alam. Saluran air rumah dan keran umum adalah dua cara paling populer untuk mendapatkan air. Sambungan rumah tangga digunakan untuk keperluan pribadi dan diatur oleh jumlah air yang digunakan per sambungan. Sambungan rumah tangga biasanya ditangani oleh Perusahaan Daerah Air Minum (PDAM) atau Unit Penyediaan Air Minum (UPAS). Namun, hubungan kekeluargaan tidak berjalan dengan baik ditempat-tempat yang padat penduduk dan tingkat kesejahteraan rendah. Oleh karena itu, keran umum dibangun sebagai sarana bersama yang dapat digunakan oleh siapa pun dimasyarakat untuk kebutuhan sehari-hari. Studi lapangan mengenai faktor-faktor sosial diwilayah tersebut perlu dilakukan sebelum keran umum dapat digunakan.

Ada sejumlah hal yang dapat menyebabkan kehilangan air ditempat-tempat yang membutuhkan sumber air bersih. Oleh karena itu, ketika merencanakan kebutuhan air bersih, dilakukan pemangkasan anggaran untuk memperhitungkan kehilangan ini. Ada dua jenis kebutuhan air saat ini:

1. Kebutuhan Air Domestik

Permintaan air domestik adalah jumlah air yang digunakan untuk hal-hal seperti membersihkan, memasak, minum, mencuci pakaian, dan menjaga kebersihan rumah. Permintaan ini dihitung dengan melihat seberapa banyak air yang digunakan orang untuk rumah mereka dan seberapa cepat pertumbuhan populasi berdasarkan tren populasi masa lalu dan cara hidup orang diwilayah tersebut secara historis. Peningkatan permintaan air juga dipengaruhi oleh perubahan rencana tata ruang wilayah tersebut.

Dukungan untuk pemasangan sambungan air bersih baru bergantung pada dua hal utama: seberapa cepat sambungan dipasang dan seberapa

cepat perkiraan orang mengenai pertumbuhan populasi dimasa mendatang. Anda dapat menggunakan tingkat sambungan saat ini untuk memperkirakan seberapa cepat Anda perlu bergabung dimasa mendatang. Tabel kriteria perencanaan air bersih berdasarkan Standar Nasional Indonesia (SNI) 1997 digunakan untuk mengetahui berapa banyak air yang dibutuhkan setiap orang setiap hari. Tabel tersebut memberikan angka berdasarkan kelompok kota.

Tabel 2.1 Kebutuhan Air Domestik.

No	Uraian	Kategori Kota Berdasarkan Jumlah Penduduk (Jiwa)				
		>1.000.000	500.000-1.000.000	100.000-500.000	20.000-100.000	<20.000
		Metro	Besar	Sedang	Kecil	Desa
1	Konsumsi Unit Sambungan Rumah (SR) L/o/h	190	170	150	130	30
2	Konsumsi Unit Hidran Umum (HU)	30	30	30	30	30
3	Konsumsi Unit Non Domestik (%)	20-30	20-30	20-30	20-30	20-Oct
4	Kehilangan Air (%)	20-30	20-30	20-30	20-30	10
5	Factor Maximum Day	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1
6	Factor Peak-Hour	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
7	Jumlah Jiwa per SR	5	5	6	6	10
8	Jumlah Jiwa per HU	100	100	100	100-200	200
9	Sisa Tekan di Jaringan Distribusi (mKa)	10	10	10	10	10
10	Jam Operasi	24	24	24	24	24
11	Volume Reservoir (%) (Max Demand)	20	20	20	20	20
12	SR : HU	50:50 s/d 80:20	50:50 s/d 80:20	80:20:00	70:30:00	70-30
13	Cakupan Pelayanan	90	90	90	90	90

Sumber: kriteria perencanaan air bersih ditjen cipta karya 1997

2. Kebutuhan Non Domestik

Air non-domestik adalah kebutuhan air yang meliputi berbagai sektor seperti layanan komersial, industri, tempat ibadah, pariwisata, dan institusi. Kebutuhan air untuk sektor komersial dapat mencapai 20% hingga 25% dari total produksi air secara keseluruhan, dan cenderung meningkat seiring dengan pertumbuhan penduduk serta perubahan penggunaan lahan. Kebutuhan air non-domestik ini dibagi ke dalam beberapa kategori, khususnya untuk wilayah perkotaan, antara lain:

Tabel 2. 2 Kebutuhan Air Non-Domestik Kategori I, II, III dan IV

No	Sektor	Besaran	Satuan
1	Hotel	150	Liter/Bed/Hari
2	Kantor	10	Liter/Pegawai/Hari
3	Masjid	3.000	Liter/Hari
4	Kawasan Industri	0,2-0,8	Liter/Orang/Hari
5	Komplek Militer	60	Liter/Orang/Hari
6	Komplek Militer	60	Liter/Orang/Hari
7	Pasar	12.000	Liter/Hektar/Hari
8	Puskesmas	2.000	Liter/Hari
9	Rumah Makan	100	Liter/Tempat Duduk/Hari
10	Rumah Sakit	200	Liter/Bed/Hari
11	Sekolah	10	Liter/Murid/Hari

Sumber: Kriteria Perencanaan Air Bersih Cipta Karya 1997

Tabel 2. 3 Kebutuhan air Kategori V

No	Sektor	Besaran	Satuan
1	Komersial/Industri	10	Liter/Karyawan/Hari
2	Hotel/losmen	90	Liter/Hari
3	Puskesmas	1.200	Liter/Hari
4	Rumah Sakit	200	Liter/Bed/Hari
5	Sekolah	5	Liter/Siswa/Hari

3. Fluktuasi Air

Jumlah air yang digunakan disuatu wilayah berubah seiring musim dan aktivitas masyarakat dikomunitas mereka. Pada dasarnya, ada tiga jenis utama kebutuhan air.

2.5 Kehilangan Air

Penting untuk mempertimbangkan berapa banyak air yang akan hilang saat membangun sistem pasokan atau transfer air untuk lingkungan atau area perumahan. Sebagian besar kehilangan air berasal dari kebocoran pada pipa yang terpasang. Kebocoran seperti ini dapat disebabkan oleh pipa yang sudah tua atau kurangnya perawatan.

2.6 Sistem Hidrolika Pipa

Berikut adalah tahapan pengaliran dalam pendistribusian air bersih menurut Unit Air Bersih Baku dalam SPAM (Tri Joko, 2010).

a. Pemanfatan Gravitasi

Gravitasi dapat digunakan jika sumber air (reservoir) berada lebih tinggi daripada area distribusi. Dengan metode ini, air dapat mengalir melalui pipa ke area yang membutuhkan layanan dengan laju yang cukup tinggi.

b. Sistem Pemompaan

Masyarakat beranggapan air yang dipompa langsung dari reservoir ke pelanggan tanpa terlebih dahulu ditampung dalam tangki kurang bermanfaat karena beberapa alasan:

1. Jika pompa berhenti bekerja, air tidak akan dapat menjangkau masyarakat yang membutuhkannya.
2. Penggunaan pompa yang secara terus-menerus dapat meningkatkan biaya, terutama pada jam-jam sibuk ketika air yang di gunakan lebih banyak.

c. Sistem Gabungan

Sistem campuran merupakan cara populer untuk memindahkan air. Salah satu manfaatnya adalah dapat menyimpan air yang dipompa didalam tangki

saat tidak digunakan. Dengan demikian, ketika permintaan meningkat, air yang tersimpan dapat digunakan untuk memenuhi kebutuhan transportasi.

2.7 Jaringan Distribusi Air Bersih

Rencana jaringan pipa distribusi air bersih menyalurkan air dari reservoir ke rumah-rumah warga. Untuk merencanakan metode jaringan distribusi air atau tata letak jaringan, Anda memerlukan informasi mengenai medan wilayah tersebut. Oleh karena itu, metode jaringan distribusi dapat dikelompokkan ke dalam kelompok-kelompok berikut:

a. Sistem Cabang (*Branch*)

Ketika air mengalir melalui sistem cabang buntu, air hanya mengalir satu arah, yaitu ke tujuan diujung pipa distribusi. Sistem cabang ini biasanya ditempatkan ditempat-tempat yang memiliki karakteristik tertentu, seperti

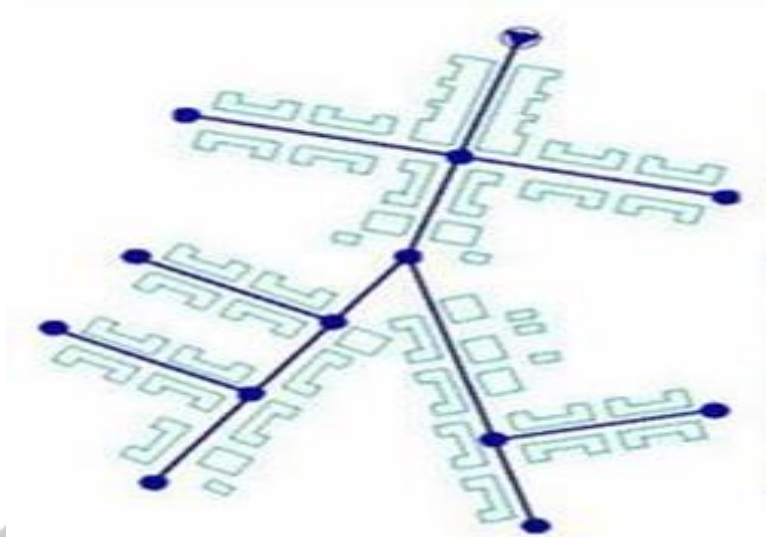
1. penyesuaian terhadap perkembangan wilayah yang berkembang secara memanjang atau menerus.
2. kondisi topografi dengan kemiringan permukaan yang mengarah ke satu sisi.
3. Sekelompok jalan yang tidak terhubung satu sama lain.

Kelebihan:

- Desain yang mudah di pahami
- Jaringan pipa hanya tersebar dalam satu arah, Sehingga pemangan lebih mudah dan cepat.
- Metode yang lebih sederhana memudahkan untuk menentukan dimensi pipa.

Kekurangan:

- Kurang fleksibel dikarenakan jika pipa pecah atau bocor di satu titik aliran air akan terhenti di ujung pipa yang lain.
- Di ujung cabang pipa aliran air cenderung menurun.
- Di ujung sistem kotoran cenderung menumpuk sehingga perlu di bersikan secara teratur.



Gambar 2.1 Sistem cabang (*Branch*)

b. Sistem Melingkar (*Looping*)

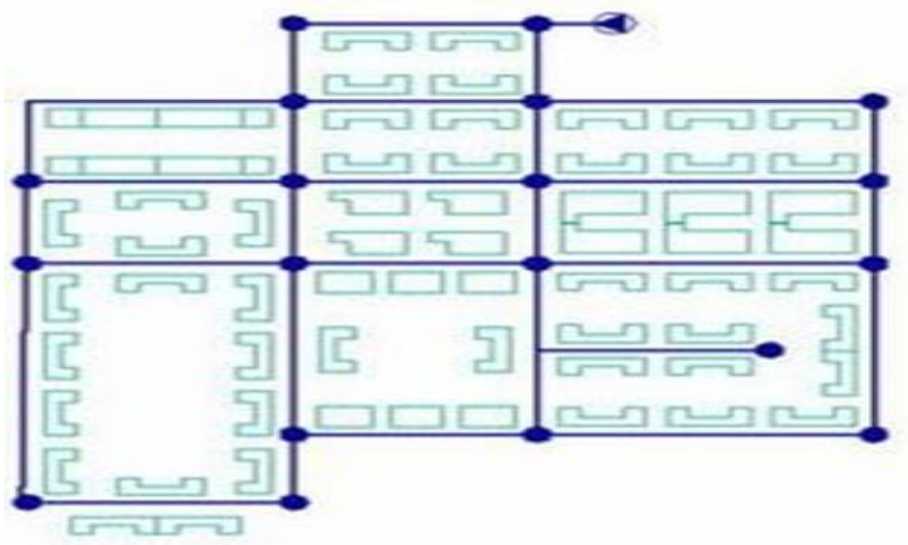
Dalam sistem jaringan ini, pipa utama ditempatkan disekitar area layanan, yang terbagi menjadi dua bagian yang masing-masing memenuhi kebutuhan air diareanya masing-masing. Kedua ujung pipa disambungkan pada titik persilangan pipa.

Keuntungan:

- Dalam beberapa situasi, atau jika salah satu pipa distribusi rusak, air masih dapat mengalir melalui saluran lain, sehingga pasokan air utama tidak terganggu.
- Sistem jaringan ini tidak memiliki titik mati, sehingga kotoran atau pasir sulit menumpuk didalam pipa.

Kelemahan:

- Metode jaringan pipa sangat rumit dan sulit di pahami.
- Jaringan pipa membutuhkan lebih banyak pipa daripada jaringan cabang.
- Karena lebih banyak sumber daya yang di gunakan biaya operasional dan pemeliharaannya jauh lebih tinggi.



Gambar 2.2 Sistem Pipa Melingkar (*Looping*).

2.8 Kecepatan Aliran

Jika laju aliran terlalu rendah, endapan lumpur tidak dapat mengalir melalui pipa, yang dapat menyebabkan penumpukan dan penyumbatan. disisi lain, laju aliran yang terlalu tinggi dapat merusak pipa. Inilah mengapa persamaan kontinuitas harus digunakan untuk perencanaan laju aliran:

$$Q = A \times V = \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot D^2 \cdot V \dots \dots \dots (2.6)$$

$$V = 4Q / \pi d^2$$

Diketahui:

Q = Debit aliran air dalam pipa (m³/s)

V = Kecepatan aliran air dalam pipa (m/s)

D = Diameter pipa (m)

2.8.1 Kehilangan Energi

Dalam setiap sistem perencanaan perpipaan selalu terjadi kehilangan energi (H_f) yang disebabkan beberapa faktor yaitu:

a. *Major Head Losses*

Tekanan air didalam pipa menyebabkan kehilangan energi selama aliran.

Hal ini terjadi karena aliran air dan dinding pipa saling bergesekan. Ada

dua cara untuk menghitung kehilangan energi yang besar ini. Dua cara yang dapat digunakan untuk menghitung kehilangan energi yang besar:

1. Persamaan Darcy Wesbach

$$hf = f \frac{L}{D} \times \frac{v^2}{2g} \dots\dots\dots (2.7)$$

dengan penjelasan sebagai berikut;

hf = kehilangan energi (head loses)

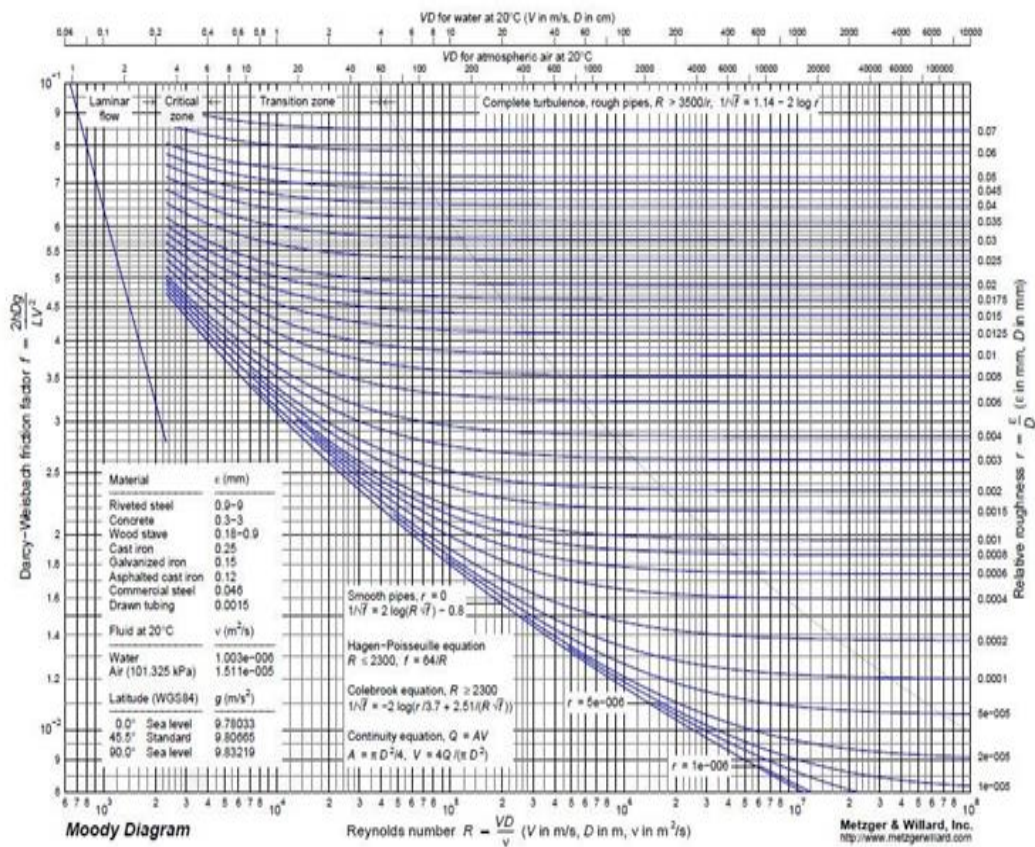
f = Koefisien gesekan

v = kecepatan aliran air (m/s)

L = Panjang pipa(m)

G = Gravitasi (9,81 m/s²)

D = Diameter pipa (m)



Gambar 2.3 Diagram Moody

2. Rumus Hazen Williams

Persamaan Hazen-Williams digunakan untuk menghitung besarnya energi yang hilang ketika fluida mengalir melalui pipa. Persamaan ini hanya

berlaku untuk air karena bilangan Reynolds tidak mengubah nilai koefisien kekasaran, sehingga tidak dapat digunakan untuk fluida lain.

$$Q = 0,2785 \times CHW \times D^{2,63} \times S^{0,54} \dots\dots\dots (2.8)$$

$$hf = \frac{Q^{1,85}}{((0,2875 \times D^{2,63} \times C))^{1,855}} L \dots\dots\dots (2.9)$$

dimana;

hf = kehilangan energi (head loss)

CHW = koefisien kekasaran pipa Hazen-Williams

S = kemiringan atau slope garis energi (s= hf/L)

Q = Debit aliran dalam pipa (m³/dtk)

D = Diameter pipa (m)

L = Panjang pipa (m)

b. Kehilangan Tinggi Tekanan Minor (*Minor Losses*)

Sejumlah kecil energi hilang ketika garis-garis melengkung, menyatu, atau mengubah bentuk aliran, misalnya ketika aliran tiba-tiba melebar atau menyempit. Situasi ini dapat menyebabkan turbulensi dan masalah aliran, yang pada gilirannya menyebabkan penurunan tekanan. Persamaan berikut dapat digunakan untuk menghitung kehilangan tekanan kecil:

$$h_1 = h_0 + h_b + h_c \dots\dots\dots (2.10)$$

dijelaskan:

h₁ = total kehilangan tekanan minor (m)

h₀ = kehilangan tekanan akibat penyempitan pipa (m)

h_b = kehilangan tekanan karena sambungan (m)

h_c = kehilangan tekanan akibat pelebaran dalam pipa (m)

2.9 Reservoir

Reservoir atau tandon air merupakan sebuah tempat yang di rancang untuk menampung air dengan tujuan menyimpan untuk menyeimbangkan antara proses produksi air yang bertujuan untuk memenuhi permintaan produksi air dan

pendistribusiannya pembangunan reservoir dapat dilakukan di atas permukaan tanah. umumnya lokasi reservoir yang direncanakan tidak terlalu jauh dari sumber dari jaringan distribusi air. fungsi utama dari merencanakan reservoir adalah sebagai cadangan air untuk memenuhi kebutuhan pada saat jam puncak dengan kapasitas 20 % dari kebutuhan maksimum air harian di wilayah tersebut.

2.10 Jenis Pipa

dalam merancang sistem distribusi air bersih , jenis pipa yang digunakan sangat bervariasi dan pada umumnya dapat diklasifikasikan berdasarkan material pembuatnya, seperti:

a. Baja Steel

pipa baja memiliki beberapa keunggulan dalam sistem distribusi antara lain:

- proses penyambungan dan pemasangan yang relatif lebih mudah.
- kekuatan material yang bisa bertahan lebih lama.
- mampu menahan tekanan hingga 70 meter kolom air (mka).

namun juga terdapat kekurangan dari pipa baja seperti;

- rentan terhadap korosi apabila terpapar air dengan kadar asam dan basa yang terlalu tinggi.
- bobotnya yang lebih berat menjadikan biaya pengadaan dan pemasangan yang lebih mahal.

b. Besi Tuang

Kelebihan penggunaan pipa besi tuang dalam perencanaan sistem distribusi meliputi:

- umur pemakaian yang panjang, bahkan bisa mencapai lebih dari 100 tahun dalam kondisi normal.
- mampu menahan tekanan tinggi tanpa mengalami kerusakan.
- lapisan pelindung dari senyawa bitumen yang dapat membuatnya tahan terhadap erosi.
- harga yang tergolong ekonomis.

adapun kelemahan dalam penggunaan pipa jenis ini adalah:

- untuk waktu jangka panjang, bentuk pipa dapat berubah sehingga mempengaruhi kapasitas aliran.
- material yang keras membuat pipa ini mudah pecah.
- proses pengangkutan dan penyambungan memerlukan tenaga yang ahli.

c. *Hight-Density Polythene Pipe (HDPE)*

Pipa HDPE merupakan jenis pipa yang berbahan polietilena berdensitas tinggi yang memiliki fleksibilitas daya tahan terhadap bahan kimia serta kemampuan menahan tekanan tinggi. Keunggulan lainnya adalah sistem sambungan yang kuat yang mampu menahan terhadap korosi. menjadikannya cocok untuk sistem distribusi air untuk penggunaan jalur yang panjang. Namun kelemahan dari pipa jenis ini tidak cocok untuk sistem distribusi air berskala besar diakibatkan ukuran diameternya yang terbatas yakni berkisar antara 6 hingga 400 mm.

d. *Pipa PVC (Unplasticised polyvinel chloride)*

Pipa jenis PVC (*Poly Vinyl Chloride*) mudah didapatkan di pasaran dan tersedia dalam berbagai ukuran. Dalam distribusi air bersih pipa ini sering digunakan karena memiliki kekuatan yang lebih baik dibandingkan *polyethylene*. Selain itu PVC mampu menahan tekanan cukup tinggi serta tahan kerusakan akibat zat kimia seperti asam organik, Alkali, dan garam pada umumnya penggunaan pipa PVC untuk sistem drainase bawah tanah penyediaan air dingin, penyediaan air minum, serta saluran pembuangan limbah.

e. *pipa Besi Galvanis (Galvanized Iron)*

penggunaan pipa galvanis memiliki beberapa keunggulan antara lain:

- gesekan antara aliran air dan permukaan dalam pipa relatif rendah.
- instalasi pipa cukup sederhana dan mudah dilakukan
- harga pipa yang terjangkau

kelemahan dari penggunaan pipa galvanis yaitu:

- umur pemakaian pipa relati singkat hanya sekitar 8 hingga 9 tahun
- rentan mengalami korosi jika dialiri air dengan kandungan asam atau basa yang tinggi.

2.11 Deskripsi Software Waternet

Untuk melakukan simulasi skema jaringan distribusi air digunakan perangkat lunak Software WaterNet. aplikasi ini dirancang untuk mensimulasikan aliaran air atau fluida dalam berbagai konfigurasi jaringan pipa, baik sistem cabang (terbuka), tertutup (looping), maupun kombinasi dari keduanya. sistem aliran ini dapat berupa aliran grafitasi, menggunakan pompa atau gabungan dari keduanya. perangkat lunak software waternet bersifat interaktif sehingga sangat membantu pengguna dalam memahami proses pembelajaran dan mengurangi resiko kesalahan dalam mensimulasikan skema jaringan pipa.

Tujuan utama Perangkat lunak WaterNet yaitu mensimulasikan perencanaan skema jaringan pipa secara akurat dan sesuai dengan kondisi proyek dilapangan. Secara garis besar dibawah ini disebutkan beberapa fitur kemampuan yang yang di tawarkan perangkat lunak Software WaterNet:

1. Pada tampilan awal yang sederhana mempermudah pengguna dalam mengimput data seperti reservoir, nodal, tangki, pipa serta pompa.
2. setelah data node dimasukan pengguna dapat langsung mengetahui besarnya debit dan tekanan air pada jaringan.
3. aplikasi ini Mampu menghitung kebutuhan konsumsi air (*demand*) di titik node jika energi pada titik tersebut telah di tentukan.
4. tersedia fitur pengeditan dalam bentuk grafik interaktif yang memudahkan perancangan jaringan termasuk menggambar, menentukan arah, serta menghapus pipa dan sambungan. pengguna juga bisa menempatkan posisi pompa, tangki dan reservoir sesuai dengan keperluan di lokasi tersebut.
5. dilengkapi dengan berbagai jenis katup yang di butuhkan dalam jaringan seperti TCV (katup pengatur aliran). FCV (katup kontrol aliran). Katup PRV (katup penurunan tekanan). Serta PBV (katup pemecah tekanan).

6. menu *link importance* memungkinkan pengguna menganalisis kontribusi setiap pipa dalam sistem sehingga jumlah pipa pada jaringan distribusi bisa disesuaikan.
7. posisi node dan pipa bisa diatur berdasarkan peta lokasi yang di unggah kedalam aplikasi.
8. Panjang dan bentuk pipa dirancang lurus atau berbelok dengan mempertimbangkan koordinat x dan y.
9. pengaturan kerja pompa dapat disesuaikan dengan kebutuhan baik berdasarkan debit dan tekanan konstan, waktu operasi, maupun volume air dalam tangki.
10. Menu pustaka menyediakan data referensi untuk memperkirakan harga kekasaran pipa serta kehilangan energi akibat sambungan, belokan, dan komponen lainnya.
11. hasil perhitungan dapat dengan Mudah dianalisis karna di tampilkan dalam bentuk grafik dan tabel. jika hasil simulasi belum sesuai skema jaringan dapat di edit kembali dengan mudah.
12. elevasi node bisa di sesuaikan dengan kondisi kondisi topografi sebenarnya karna Kontur dapat di import dari peta kontur yang nyata.
13. selain itu waternet juga memiliki berbagai fitur tambahan lainnya yang sangat mendukung dalam proses perencanaan dan perhitungan jaringan distribusi air dan fluida pada pipa.

2.12 Air Buangan

air limbah merupakan hasil dari penggunaan air oleh berbagai sektor seperti industri, rumah tangga, sekolah dan lain-lain. Penentuan jumlah debit air limbah maupun buangan didasarkan pada konsumsi air per individu dalam satu hari. Dalam perhitungannya di asumsikan bahwa 90% dari total konsumsi air harian akan menjadi air buangan. langkah-langkah untu menentukan Perhitungan debit air limbah maupun air buangan adalah sebagai berikut:

1. Memperkirakan konsumsi air bersih maksimum per hari.
2. Menghitung total volume buangan maksimum perhar (qm) berdasarkan dari konsumsi air bersih.

- Menentukan debit puncak buangan maksimum dengan menggunakan rumus:

$$(Q_{\text{peak}}) = p \times q_m \dots \dots \dots (2.11)$$

$$P = 1,5 + \frac{25}{q_m}$$

- Menghitung debit air buangan rata-rata per jam (q_r) menggunakan rumus: $(\frac{q_m}{24 \text{ jam}})$.
- Debit puncak air limbah di peroleh dari hasil perkalian antar kepadatan penduduk x Q_{peak} .

2.13 Drainase

Drainase adalah sistem atau serangkaian tindakan teknis yang bertujuan untuk mengalirkan atau mengendalikan kelebihan air dari suatu wilayah agar tidak menimbulkan suatu genangan yang mengakibatkan banjir maupun gangguan lainnya. kelebihan air ini bisa berasal dari air hujan, rembesan tanah, atau limpasan irigasi. sistem drainase melibatkan infrastruktur seperti saluran, gorong-gorong dan parit untuk mengatur aliran air secara efektif.

a. Fungsi Drainase:

1. Mengurangi resiko banjir

Fungsi utama sistem drainase adalah menyalurkan kelebihan air hujan menuju saluran akhir seperti sungai, danau, atau laut. sehingga dapat mencegah terjadinya genangan di permukaan tanah.

2. Menjaga Kualitas Air lingkungan

Drainase membantu mengurangi pencemaran lingkungan dengan membawa partikel debu dan sampah organik yang terbawa air hujan. Proses ini membantu menetralsir aliran permukaan dan menjaga kualitas air yang mengalir.

3. Mengelola muka air tanah

Sistem drainase juga berperan penting dalam mengatur tinggi permukaan air tanah. Jika muka air terlalu dangkal, daya serap air hujan akan menurun dan meningkatkan potensi banjir. Sebaliknya, jika terlalu dalam,

tanaman akan kesulitan menyerap air. Penurunan tanah juga bisa memengaruhi tinggi muka air tanah.

4. Mencegah Erosi Dan Tanah Lonsor

Dengan mengarahkan aliran air hujan secara tepat dan terkendali, drainase membantu mengurangi risiko erosi tanah dan menjaga kestabilan lereng, terutama di daerah berbukit. Tanpa kontrol, aliran air yang deras dapat menyebabkan pengikisan bahkan longsor.

5. Mengatur arah aliran dan kecepatannya

Drainase mengarahkan limbah cair ke tempat penampungan akhir dengan kecepatan yang terkendali. Pengaturan ini mencegah penumpukan atau sedimentasi di saluran dan memastikan aliran air berjalan lancar. Tujuan pengendalian aliran saluran drainase adalah untuk memindahkan air limbah menuju ke arah aliran pembuangan.

6. potensi Sebagai Sumber Daya Air alternatif

Dalam kondisi tertentu, air yang dialirkan melalui sistem drainase dapat diolah kembali dan dimanfaatkan sebagai sumber air alternatif, dengan tetap memenuhi syarat pemanfaatan ulang yang berlaku.

b. Sistem Drainase

Sistem drainase merupakan kumpulan infrastruktur yang dirancang untuk mengelola dan mengurangi kelebihan air, terutama akibat curah hujan, di suatu kawasan. Sistem ini bekerja dengan cara mengalirkan air agar tidak menimbulkan genangan atau kerusakan lingkungan. Komponen utama sistem ini mencakup: saluran penerima air (receiving waters), saluran utama (main drain), saluran pengalir (conveyor drain), saluran pemintas (interceptor drain), dan saluran pengumpul (collector drain).

1. Drainase Alamiah (Natural Drainage)

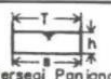




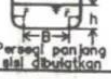
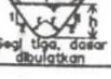
Merupakan saluran air yang terbentuk secara alami melalui proses erosi air yang mengikuti kontur permukaan tanah selama periode waktu yang panjang. Saluran ini menciptakan alur-alur seperti sungai yang kemudian berfungsi sebagai bagian dari jaringan drainase alami.

2. Drainase Buatan (Artificial Drainage)

Merupakan sistem drainase yang dirancang dan dibangun oleh manusia untuk mengalirkan dan menyalurkan air dari area yang tidak diinginkan ke lokasi yang ditentukan dengan tujuan pengelolaan air. Drainase buatan berperan penting dalam pengendalian air, dan berdasarkan fungsinya, terbagi menjadi:

- Saluran Drainase Tunggal (*single purpose*) Dirancang khusus untuk mengalirkan satu jenis air buangan saja, seperti air hujan atau air limbah domestik. Umumnya digunakan untuk fungsi spesifik dan tidak digunakan secara campuran.
- Saluran Drainase Multifungsi (*multi purpose*) Mampu menyalurkan lebih dari satu jenis air buangan, baik secara bergantian maupun bersamaan. Sistem ini lebih fleksibel untuk digunakan di berbagai kondisi dan wilayah. Selain itu berdasarkan bentuk konstruksinya drainase dibedakan menjadi 2 jenis:
 - Drainase Terbuka.
Cocok digunakan di area dengan lahan luas, seperti kawasan pertanian atau pemukiman dengan kepadatan rendah. Saluran ini dirancang untuk mengalirkan air secara alami dan terbuka ke permukaan, biasanya hanya untuk air hujan.
 - Drainas Tertutup.
Lebih sesuai diterapkan di daerah yang padat penduduk atau kawasan perkotaan di mana pengendalian air perlu lebih teratur. Drainase ini biasanya digunakan untuk air limbah yang berpotensi mencemari lingkungan dan membahayakan kesehatan. Saluran tertutup sering dibuat dari beton dan dilengkapi dengan bak kontrol untuk memantau sedimentasi dan sumbatan sampah. kedua tipe saluran (terbuka dan tertutup) memiliki kelebihan dan kekurangannya masing-masing, tergantung pada kebutuhan wilayah yang dilayani. Dalam sistem drainase terbuka, aliran air tetap memiliki

permukaan bebas. Sebaliknya, pada sistem tertutup, air mengisi seluruh penampang saluran sehingga tidak memiliki permukaan aliran bebas. (Sumber: Dr. Ir. Suripin, 2004)

Penampang	Luas A	Keliling basah O	Jari-jari hidrolis R	Lebar puncak T	Kedalaman hidrolis D	Faktor penampang Z
 Persegi Panjang	Bh	$B+2h$	$\frac{Bh}{B+2h}$	B	h	$Bh^{1.5}$
 Trapezium	$(B+zh)h$	$B+2h\sqrt{1+z^2}$	$\frac{(B+zh)h}{B+2h\sqrt{1+z^2}}$	$B+2zh$	$\frac{(B+zh)h}{B+2zh}$	$\frac{[(B+zh)h]^{1.5}}{\sqrt{B+2zh}}$
 Segi tiga	zh^2	$2h\sqrt{1+z^2}$	$\frac{zh}{2\sqrt{1+z^2}}$	$2zh$	$\frac{1}{2}h$	$\frac{\sqrt{2}}{2}zh^{2.5}$
 Lingkaran	$\frac{1}{2}(\theta - \sin\theta)d_0^2$	$\frac{1}{2}\theta d_0$	$\frac{1}{4}(1 - \frac{\sin\theta}{\theta})d_0$	$\frac{(\sin \frac{1}{2}\theta)d_0}{2\sqrt{h(d_0-h)}}$	$\frac{1}{6}(\frac{\theta - \sin\theta}{\sin \frac{1}{2}\theta})d_0$	$\frac{\sqrt{2}(\theta - \sin\theta)^{1.5}}{32(\sin \frac{1}{2}\theta)^{0.5}}d_0^{2.5}$
 Parabola	$\frac{1}{2}Th$	$T + \frac{8}{3}\frac{h^2}{T}$	$\frac{2T^2h}{3T^2+8h^2}$	$\frac{3}{2}\frac{A}{h}$	$\frac{2}{3}h$	$\frac{2}{9}\sqrt{6}Th^{1.5}$
 Persegi panjang sisi dibulatkan	$(\frac{T}{2}-2)r^2+(B+2r)h$	$(\pi-2)r+B+2h$	$\frac{(\frac{T}{2}-2)r^2+(B+2r)h}{(\pi-2)r+B+2h}$	$B+2r$	$\frac{(\frac{T}{2}-2)r^2}{B+2r} + h$	$\frac{[(\frac{T}{2}-2)r^2+(B+2r)h]^{1.5}}{\sqrt{B+2r}}$
 Segi tiga, dasar dibulatkan	$\frac{T^2}{24} - \frac{T^2}{z}(1-z \cot^2 \frac{1}{2}z)$	$\frac{T}{z}\sqrt{1+z^2} - 2r(1-z \cot^2 \frac{1}{2}z)$	$\frac{A}{O}$	$2[z(h-r)+r\sqrt{1+z^2}]$	$\frac{A}{T}$	$A\sqrt{\frac{A}{T}}$

Gambar 2.4 Bentuk Penampang Saluran Drainase.

2.14 Analisis Hidrologi

Analisis hidrologi merupakan elemen krusial dalam pengelolaan sumber daya air serta perencanaan berbagai macam infrastruktur yang berkaitan dengan air. Hidrologi itu sendiri adalah cabang ilmu kebumihan yang mempelajari sifat-sifat air di bumi, baik dari segi kualitas maupun kuantitas. Kajian ini mencakup berbagai aspek seperti siklus hidrologi, pergerakan air, distribusinya, penyimpanan, eksplorasi, pengelolaan, dan pengembangannya. Penerapan ilmu hidrologi sangat penting dalam kehidupan guna untuk perencanaan dan pengoperasian fasilitas air seperti pembangkit listrik tenaga air (PLTA), sistem pengendalian banjir, serta penyediaan air untuk keperluan domestik, industri, dan pertanian.

2.14.1 Parameter Statistik

Analisis frekuensi digunakan untuk memperkirakan besarnya curah hujan maksimum yang kemungkinan dapat terjadi dalam periode ulang tertentu. Informasi ini kemudian digunakan dalam perhitungan debit banjir rencana melalui

metode empiris. Untuk keperluan analisis ini, digunakan berbagai jenis distribusi statistik, yaitu:

1. Distribusi Gumbel
2. Distribusi Normal
3. Distribusi Log Person
4. Distribusi Log Person III

Masing persyaratan dari keempat distribusi diatas, yaitu:

Tabel 2.4 Syarat Pemilihan Distribusi Frekuensi

NO	Distribusi	Persyaratan
1	Gumbel	$C_s = 1,14$
		$C_k = 5,4$
2	Normal	$C_s = 0$
		$C_k = 3$
3	Log normal	$C_s = 3C_v + C_v^3$
		$C_k = C_v^8 + 16C_v^2 + 3 + 6C_v^6 + 15C_v^4$
4	Log normal III	Selain dari nilai di atas

sumber: arbaningrum (2015)

keterangan tabel 2.4;

$$X_{rt} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n} \dots\dots\dots(2.12)$$

$$sd = \sqrt{\frac{\sum(\log X_i - \log X_{rt})^2}{n-1}} \dots\dots\dots(2.13)$$

$$C_s = n \frac{\sum_{i=1}^n x_i (k_i - k_{rt})^4}{(n-1)(n-2) sd^3} \dots\dots\dots(2.14)$$

$$C_k = n \frac{\sum_{i=1}^n x_i (k_i - k_{rt})^4}{(n-1)(n-2) sd^4} \dots\dots\dots(2.15)$$

Keterangan;

C_k = Koefisienn Kepuncakan

C_s = Koefisien Kepencengan

Sd = Standar Deeviasi

2.14.2 Metode Distribusi E.J Gumbel

Metode Distribusi E.J Gumbel digunakan dalam menganalisis frekuensi untuk memperkirakan besarnya curah hujan ekstrem yang mungkin akan terjadi dalam periode ulang tertentu. rumus dasarnya Sebagai Berikut:

$$X_{rt} = X_n + Ks \dots \dots \dots (2.26)$$

Dengan;

X_t = nilai curah hujan yang di perkirakan terjadi pad periodeulang T tahun

$$X_n = \text{nilai rata-rata dari} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n} \dots \dots \dots (2.27)$$

$$S_d = \text{standar deviasi} = \sqrt{\frac{\sum (\log x_i - \log X_{irt})^2}{n-1}} \dots \dots \dots (2.28)$$

K = faktor frekuensi yang bergantung pada periode dan jenis distribusi

Persamaan perhitungan faktor metode E J Gumbel seperti berikut;

$$k = \frac{y_t - y_n}{s_n} \dots \dots \dots (2.29)$$

Dengan;

Y_n = nilai rata-rata yang telah di reduksi berdasarkan jumlah data (n)

Y_{Tr} = nilai variabel tereduksi berdasarkan periode ulanh (T)

S_n = Standar deviasi yang juga di tentukan dari banyaknya data (n)

Untuk mengetahui nilai y_n , y_t , dan s_n pengguna biasanya merujuk pada tabel khusus yang menyediakan nilai-nilai fungsi bedrdasarkan jumlah data dan periode ulang tertentu.

Tabel 2. 5 Nilai Reduced Mean (Y_n) - Metode Gumbel.

N	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
10	0,4952	0,4996	0,5035	0,5070	0,5100	0,5128	0,5157	0,5181	0,5202	0,5220
20	0,5236	0,5252	0,5268	0,5283	0,5296	0,5309	0,5320	0,5332	0,5343	0,5353
30	0,5362	0,5371	0,5380	0,5388	0,8396	0,5403	0,5410	0,5418	0,5424	0,5436
40	0,5436	0,5442	0,5448	0,5453	0,5458	0,5463	0,5468	0,5473	0,5477	0,5481
50	0,5485	0,5489	0,5493	0,5497	0,5501	0,5504	0,5508	0,5511	0,5515	0,5518
60	0,5521	0,5524	0,5527	0,5530	0,5533	0,5535	0,5538	0,5540	0,5543	0,5545
70	0,5548	0,5550	0,5552	0,5555	0,5557	0,5559	0,5561	0,5563	0,5565	0,5567
80	0,5569	0,5570	0,5572	0,5574	0,5576	0,5578	0,5580	0,5581	0,5583	0,5585
90	0,5586	0,5587	0,5589	0,5591	0,5592	0,5593	0,5595	0,5596	0,5598	0,5599
100	0,5600	0,5602	0,5603	0,5604	0,5606	0,5607	0,5608	0,5609	0,5610	0,5611

(Sumber: Dr. Ir. Suripin, 2004)

Tabel 2.6 Nilai Reduced Standar Deviasi (S_n) Metode Gumbel.

N	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
10	0,9496	0,9676	0,9833	0,9971	1,0095	1,0206	1,0316	1,0411	1,0493	1,0565
20	1,0628	1,0696	1,0754	1,0811	1,0864	1,0915	1,0961	1,1004	1,1047	1,1080
30	1,1124	1,1159	1,1193	1,1226	1,1255	1,1285	1,1313	1,1339	1,1363	1,1388
40	1,1413	1,1436	1,1458	1,1480	1,1499	1,1519	1,1538	1,1557	1,1574	1,1590
50	1,1607	1,1623	1,1638	1,1658	1,1667	1,1681	1,1696	1,1708	1,1721	1,1734
60	1,1747	1,1759	1,1770	1,1782	1,1793	1,1803	1,1814	1,1824	1,1834	1,1844
70	1,1854	1,1863	1,1873	1,1881	1,1890	1,1898	1,1906	1,1915	1,1923	1,1930
80	1,1938	1,1945	1,1953	1,1959	1,1967	1,1973	1,1980	1,1987	1,1994	1,2001
90	1,2007	1,2013	1,2020	1,2026	1,2032	1,2038	1,2044	1,2049	1,2055	1,2066
100	1,2065	1,2069	1,2073	1,2077	1,2081	1,2084	1,2087	1,2090	1,2093	1,2096

(Sumber: Dr. Ir. Suripin, 2004)

Tabel 2.7 Nilai Reduced Variasi (YTR) Untuk Periode Ulang.

Kala ulang (Tr) (Tahun)	Reduced Variasi (Ttr)	Periode Ulang (Tr) (Tahun)	Reduced Variate (Ttr)
2	0,3668	100	4,6012
5	1,5004	200	5,2969
10	2,251	250	5,5206
20	2,9709	500	6,2149
25	3,1993	1000	6,9087
50	3,9028	5000	8,5188
75	4,3117	10000	9,2121

(Sumber: Dr. Ir. Suripin, 2004)

2.14.3 Metode Distribusi Normal

dalam metode distribusi normal analisa perhitungan frekuensi curah hujan dilakukan dengan menggunakan rumus berikut:

$$Xr = Xn + K.S \dots\dots\dots(2.16)$$

keterangan:

Xt = curah hujan rencana untuk periode kala ulang tertentu

K = faktor reduksi Gauss (table 2.5)

$$Xn = \text{nilai rata-rata curah hujan} = \frac{\sum_{i=1}^n xi}{n} \dots\dots\dots(2.17)$$

$$Sd = \sqrt{\frac{\sum(\log Xi - \log Xirt)^2}{n-1}} \dots\dots\dots(2.18)$$

2.14.4 Metode Distribusi Log Normal

untuk metode distribusi log normal Analisis frkuensi dilakukan berdasarkan logaritma data curah hujan dengan rumus:

$$\text{Log} = \text{Log } Xrt + k S \text{Log}X \dots\dots\dots(2.19)$$

$$\text{Log } Xn = \text{nilai rata-rata logritma dari data curah hujan} = \frac{\sum_{i=1}^n xi}{n} \dots\dots\dots(2.20)$$

$$Sd = \text{Standar Deviasi log} = \sqrt{\frac{\sum(\log X_i - \text{Log} \bar{X})^2}{n-1}} \dots \dots \dots (2.21)$$

K = nilai faktor reduksi berdasarkan distribusi Gauss

2.14.5 Metode Distribusi Log Person Tipe III

Distribusi ini juga menggunakan pendekatan logaritmik namun memperhitungkan kemencengan data (skewness) dalam perhitungannya:

$$\text{Log} = \text{Log} \bar{X} + k S \text{Log} X \dots \dots \dots (2.22)$$

$$\text{Log} \bar{X} = \text{nilai rata-rata logaritma dari} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n} \dots \dots \dots (2.23)$$

$$Sd = \text{Standar Deviasi Log} = \sqrt{\frac{\sum(\log X_i - \text{Log} \bar{X})^2}{n-1}} \dots \dots \dots (2.24)$$

$$Cs = \text{koefisien kemencengan} = \frac{n \sum \log \log X_i - \text{Log} \log k^3}{(n-1)(n-2) S \text{Log}^3} \dots \dots \dots (2.25)$$

Tabel 2.8 nilai Koefisien (K) Metode distribusi Gumbel dan Gauss

Interval kejadian (Recurrence Interval), tahun (periode ulang)								
	1,0101	1,25	2	5	10	25	50	100
Koef. G	Presentasi peluang terlampaui (percent change of being exceeded)							
	99	80	50	20	10	4	2	1
3,0	-0,667	-0,636	-0,396	0,420	1,180	2,278	3,152	4,051
2,8	-0,714	-0,666	-0,384	0,460	1,210	2,275	3,114	3,973
2,6	-0,769	-0,696	-0,368	0,499	1,238	2,267	3,071	2,889
2,4	-0,832	-0,725	-0,351	0,537	1,262	2,256	3,023	3,800
2,2	-0,905	-0,752	-0,330	0,574	1,284	2,240	2,970	3,705
2,0	-0,990	-0,777	-0,307	0,609	1,302	2,219	2,919	3,605
1,8	-1,197	-0,817	-0,282	0,643	1,318	2,193	2,848	3,499
1,6	-1,197	-0,817	-0,254	0,675	1,329	2,163	2,780	3,388
1,4	-1,318	-0,832	-0,225	0,705	1,337	2,128	2,706	3,271
1,2	-1,449	-0,844	-0,195	0,732	1,340	2,087	2,626	3,149
1,0	-1,588	-0,852	-0,164	0,758	1,340	2,043	2,542	3,022
0,8	-1,733	-0,856	-0,132	0,780	1,336	1,993	2,453	2,891
0,6	-1,880	-0,857	-0,099	0,800	1,328	1,939	2,359	2,755
0,4	-2,029	-0,855	-0,066	0,816	1,317	1,880	2,261	2,615
0,2	-2,178	-0,850	-0,033	0,830	1,301	1,818	2,159	2,472
0,0	-2,326	-0,842	0,000	0,842	1,282	1,751	2,051	2,326
-0,2	-2,472	-0,830	0,033	0,850	1,258	1,680	1,945	2,178

-0,4	-2,615	-0,816	0,066	0,855	1,231	1,606	1,834	2,029
-0,6	-2,755	-0,800	0,099	0,857	1,200	1,528	1,720	1,880
-0,8	-2,891	-0,780	0,132	0,856	1,166	1,448	1,606	1,733
-1,0	-3,022	-0,758	0,164	0,852	1,128	1,366	1,492	1,588
-1,2	-2,149	-0,732	0,195	0,844	1,086	1,282	1,379	1,449
-1,4	-2,271	-0,705	0,225	0,832	1,041	1,198	1,270	1,318
-1,6	-2,388	-0,675	0,254	0,817	0,994	1,116	1,166	1,197
-1,8	-3,499	-0,643	0,282	0,799	0,945	1,035	1,069	1,087
-2,0	-3,605	-0,609	0,307	0,777	0,895	0,959	0,980	0,990
-2,2	-3,705	-0,574	0,330	0,752	0,844	0,888	0,900	0,905
-2,4	-3,800	-0,537	0,351	0,725	0,795	0,823	0,830	0,832
-2,6	-3,889	-0,490	0,368	0,696	0,747	0,764	0,768	0,769
-2,8	-3,973	-0,469	0,384	0,666	0,702	0,712	0,714	0,714
-3,0	-7,051	-0,420	0,396	0,636	0,660	0,666	0,666	0,667

(Sumber: Dr. Ir. Suripin, 2004)

2.14.6 Uji Kesesuaian Distribusi Data

Tujuan dari uji kesesuaian distribusi frekuensi adalah untuk mengevaluasi apakah metode distribusi yang dipilih layak digunakan, dengan cara membandingkan data aktual terhadap distribusi teoritis. Pengujian ini dilakukan dengan dua pendekatan utama, yaitu uji Kolmogorov-Smirnov (K-S) dan uji Chi-Kuadrat (Triatmodjo, 2008).

Sebelum dilakukan pengujian, langkah awalnya adalah memvisualisasikan data ke dalam plot probabilitas untuk mendapatkan gambaran awal kecocokan data terhadap kurva distribusi teoritis. Berikut ini adalah alur untuk plotting:

1. urutkan data hujan maksimum tahunan dari yang terbesar hingga terkecil
2. Menghitung peluang atau kemungkinan terjadinya setiap nilai menggunakan persamaan weibull, berikut rumus persamaan;

$$P = \frac{m}{n+1} \times 100\% \dots\dots\dots(2.30)$$

P = Peluang kejadian (%)

m = peringkat data dari urutan terkecil ke terbesar

n = jumlah total data

3. Dari hasil peluang tersebut kemudian di plot keatas probabilitas yang sesuai dengan jenis distribusi yang sedang dianalisis.

2.14.7 Uji Kesesuaian Distribusi-Smirnov

Uji Kolmogorov-Smirnov digunakan untuk mengukur kecocokan antara data aktual dan distribusi teoritis dengan melihat penyimpangan maksimum (Δ_{maks}) antara kedua kurva. Metode ini termasuk dalam kategori non-parametrik, karena tidak bergantung pada parameter distribusi tertentu. metode distribusi yang pakai boleh digunakan. Nilai (Δ_{kritis}) didapat pada Tabel 2.10:

Tabel 2.9 Nilai Kritis Dalam Uji Kolomogrov-Smirnov

N	A			
	0,2	0,1	0,05	0,01
5	0,45	0,51	0,56	0,67
10	0,32	0,37	0,41	0,49
15	0,27	0,3	0,34	0,4
20	0,23	0,26	0,29	0,36
25	0,21	0,24	0,27	0,32
30	0,19	0,22	0,24	0,29
35	0,18	0,2	0,23	0,27
40	0,17	0,19	0,21	0,25
45	0,16	0,18	0,2	0,24
50	0,15	0,17	0,19	0,23
N>50	$\frac{1,07}{n^{0.5}}$	$\frac{1,22}{n^{0.5}}$	$\frac{1,36}{n^{0.5}}$	$\frac{1,36}{n^{0.5}}$

(Sumber: Bambang T, 2008)

2.14.8 Uji Chi-Kuadrat

Uji Chi-Kuadrat digunakan untuk mengevaluasi kesesuaian antara data pengamatan dan distribusi teoritis dalam analisis statistik. Perhitungan nilai Chi-Kuadrat (χ^2) dilakukan dengan rumus sebagai berikut (Triatmodjo, 2008):

$$x^2 = \sum_{t=1}^n \frac{(of - ef^2)}{Ef}$$

Diketahui x^2 = nilai statistik chi-kuadrat

N = jumlah kelas atau kelompok data

Ef = nilai frekuensi data aktual (observasi) pada masing kelas

Of = nilai frekuensi berdasarkan pada kelas yang sama

Harga X2 di hitung kemudian di bandingkan dengan nilai x^2 tabel (x^2 kritik) yang diperoleh dari tabel chi-kuadrat dengan tingkat signifikan 5%(umumnya di gunakan).untuk menentukan batas perbandingan di perlukan nilai derajat kebebasan (DK) yang dihitung menggunakan rumus:

$$DK = K - (\alpha + 1) \dots \dots \dots (2.32)$$

DK = Derajat kebebasan

K = Jumlah kelas atau interval data

α = jumlah parameter distribusi (untuk uji iniin umumnya dipakai = 2)

Harga X2cr didapat dari table 2.10. ditentukan untuk frekuensi absolut tiap kelas diatas dari lima serta banyaknya kelas kurang dari lima.

Tabel 2.10 Nilai Kritis Distribusi

α	0,1	0,05	0,025	0,01	0,005
1	2,70554	3,84146	5,0239	6,63489	7,8794
2	4,60518	5,99148	7,37778	9,21035	10,5965
3	6,25139	7,81472	9,3484	11,3449	12,8381
4	7,77943	9,48773	11,1433	13,2767	14,8602
5	9,23635	11,0705	12,8325	15,0863	16,7497
6	10,6446	12,5916	14,4494	16,8119	18,5475
7	12,017	14,0671	16,0128	18,4753	20,2777
8	13,3616	15,5073	17,5345	20,0902	21,9549
9	14,6837	16,919	19,0228	21,6661	23,5893
10	15,9872	18,307	20,4832	23,2093	25,1881

db	11	17,275	19,6752	21,92	24,725	26,7569
	12	18,5493	21,0261	23,3367	26,217	28,2997
	13	19,8119	22,362	24,7356	27,6882	29,8193
	14	21,0641	23,6848	26,1189	29,1212	31,3194
	15	22,9872	26,2962	27,4884	30,578	32,8015
	16	23,5418	26,2962	28,8453	31,9999	34,2671
	17	24,769	27,5871	30,191	33,4087	35,7184
	18	25,9894	28,8693	31,5264	34,8052	37,1564
	19	27,2036	30,1435	32,8523	36,1908	38,5821
	20	28,412	31,4104	34,1696	37,5663	39,9969
	21	29,6151	32,6706	35,4789	38,9322	41,4009
	22	30,8133	33,9245	36,7807	40,2895	42,7957
	23	32,1962	35,1725	38,0756	41,6383	44,1814
	24	33,1962	36,415	39,3641	42,9798	45,5584
	25	34,3816	37,6525	40,6465	44,314	46,928
	26	35,5632	38,8851	41,9231	45,6416	48,2898
	27	36,7412	40,1133	43,1945	46,9628	49,645
	28	37,9159	41,3372	44,4608	48,2782	50,9936
	29	39,0875	42,557	45,7223	49,5878	52,3355
	30	40,256	43,773	46,9792	50,8922	53,6719

(Sumber: Bambang Triadmodjo, 2008)

2.14.9 Analisis Intensitas Curah Hujan

Intensitas curah hujan adalah ukuran tinggi atau kedalaman air hujan yang jatuh dalam satuan waktu tertentu (Suripin, 2004). Secara umum, karakteristik hujan menunjukkan bahwa semakin singkat durasi hujan, maka intensitasnya akan semakin tinggi. Selain itu, semakin besar periode ulang (return period), maka intensitas hujannya juga akan semakin besar.

Data curah hujan dapat diperoleh melalui stasiun pengamatan hujan yang dilengkapi dengan alat ukur hujan. Untuk menganalisis hujan dengan durasi pendek, intensitasnya bisa dihitung menggunakan beberapa rumus empiris, seperti metode Ishiguro, Sherman, dan Talbot.

Setelah mendapatkan data hujan harian maksimum, langkah selanjutnya adalah menghitung intensitas curah hujan menggunakan rumus Mononobe, yang merupakan salah satu persamaan rasional dalam perhitungan hidrologi.

$$I = \frac{R_{24}}{24} \times \left(\frac{24}{T_c}\right)^{\frac{2}{3}} \dots\dots\dots(2.33)$$

Dimana;

R_{24} = curah hujan maksimum harian (selama 24 jam/hari)

I = Intensitas curah hujan (mm/jam)

T_c = lama waktu konsentrasi (jam)

2.14.10 Waktu Konsentrasi (T_c)

Waktu Konsentrasi (T_c) adalah lamanya waktu yang diperlukan air untuk mengalir dari titik terjauh dalam suatu daerah tangkapan menuju titik kontrol di bagian hilir aliran yang telah ditentukan sebelumnya (Suripin, 2004). Salah satu metode yang digunakan untuk menentukan nilai waktu konsentrasi adalah dengan rumus Kirpich (1940), yang dinyatakan sebagai berikut: Waktu yang dibutuhkan air mampu mengalir dari titik terjauh dari lokasi aliran menuju titik kontrol pada bagian hilir disuatu aliranyang telah ditentukan (Suripin, 2004). Contoh persamaan yang dipilih untuk mengetahui waktu konsentrasi melalui persamaan rumus Kirpich (1940) seperti berikut:

$$T_c = \left(\frac{0,87 \times L^2}{1000 \times S}\right)^{0,385} \dots\dots\dots(2.34)$$

Dimana;

S = Kemiringan saluran

L = panjang saluran

Wesli (2008) membagi perhitungan waktu konsentrasi menjadi dua tipe, yaitu waktu aliran permukaan (t_o) yaitu waktu yang dibutuhkan air untuk bergerak dari permukaan tanah menuju saluran terdekat. waktu aliran dalam saluran (t_d) yaitu waktu yang di butuhkan air untuk mengalir dari titik masuk saluran hingga ke titi pengendalian. sehingga:

$$t_c = t_d + t_o \dots\dots\dots(2.35)$$

Sebagaimana;

Inlet Time (t_o)

$$t_o = \left(\frac{2}{3} \cdot 3,28 \cdot L \cdot \frac{2}{\sqrt{S}} \right)^{0,385} \dots\dots\dots(2.36)$$

Conduit Time (T_d)

$$t_d = \frac{L_s}{60 \times V} \dots\dots\dots(2.37)$$

Dengan;

t_c = total waktu konsentrasi (jam)

t_o = waktu tempuh air diatas permukaan tanah

t_d = waktu tempu air di dalam saluran ke tempat rencana

S = kemiringan saluran

L = panjang lintasan aliran(m)

L_s = panjang lintasan saluran(m)

V = kecepatan aliran dalam saluran (m/dtk)

n = koefisien kekasaran (maning)

Nilai waktu aliran dalam saluran atau *conduit time* (t_d) dapat bervariasi tergantung pada kondisi fisik saluran. untuk saluran alami yang sifat hidroliknya sulit diketahui secara pasti t_d bisa di perkirakan dengan memperhatikan kecepatan aliran yang di sesuaikan dengan tingkat kekasaran dinding saluran menggunakan nilai kekasaran meaning, Chezy atau metode lainnya yang relevan.

Tabel 2.11 Kemiringan dasar Saluran dan kecepatan aliran rata-rata

Rata-rata Kemiringan Dasar Saluran (%)	Kecepatan Rerata (m/det)	Kemiringan Rata rata Data Saluran (%)	Kecepatan Rata-rata (m/det)
< 1	0,40	4-6	1,20
1-2	0,60	6-10	1,50
2-4	0,90	10-15	2,40

(Sumber: drainase perkotaan, wesli)

nilai waktu aliran permukaan (t_0) bisa ditentukan melalui grafik monogram sedangkan untuk waktu aliran dalam saluran (t_d) dihitung dengan metode *trial and error*. untuk memastikan hasil percobaan ini akurat digunakan rumus kontrol berikut:

$$t_d = \frac{L}{v} \dots \dots \dots (2.38)$$

Dengan; L = Panjang saluran(m)

V = kecepatan rata-rata aliran dalam saluran (m/dtk)

2.14.11 Koefisien Pengaliran

Koefisien pengaliran menggambarkan rasio antara jumlah air hujan yang menjadi aliran permukaan dengan total curah hujan yang jatuh di suatu area. Nilai C ditentukan berdasarkan kondisi dan jenis permukaan lahan di wilayah tersebut. perhitungannya menggunakan rumus persamaan:

$$C = \frac{\sum_{i=1}^n C_i \times A_i}{\sum_{i=1}^n A_i} \dots \dots \dots (2.39)$$

Dengan;

C_i = koefisien pengaliran $i=1,2,3,\dots,n$

A_i = luasan area ke I (m^2), dengan $i=1,2,3,\dots,n$

Dapat diamati pada tabel 2.13 dibawah nilai koefisien limpasan (c) ini dapat dilihat pada tabel 2.12 yang memuat nilai berdasarkan klasifikasi jenis lahan atau karakteristik permukaannya.

Tabel 2.12 Koefisien pengaliran Berdasarkan Jenia Lahan

Karakteristik permukaan/Penutup Lahan	Koefisien Pengaliran (C)
komersil <ul style="list-style-type: none"> • Perkotaan • Pinggiran 	0,70 – 0,95 0,50 – 0,75
komersil <ul style="list-style-type: none"> • Rumah huni • Perumahan tidak rapat • perumahan komunal • Permukiman 	0,30 - 0,50 0,40 – 0,60 0,60 – 0,75 0,25 – 0,40
Perkerasan <ul style="list-style-type: none"> • Aspal dan Beton • Batu bata, paving 	0,70 – 0,95 0,50 – 0,75
Taman tempat bermain	0,20 – 0,35
pertamanan, perkuburan	0,10 – 0,25
Atap	0,75 – 0,95

(Sumber: Suripin, 2004)

2.14.12 Analisa Debit Banjir Rencana

Menurut Dr. Ir. Supirin (2004), saat terjadi hujan maksimum, maka debit yang dihasilkan dianggap sebagai debit maksimum atau debit banjir rencana. Untuk menghitung besarnya debit tersebut, digunakan rumus rasional, yaitu:

$$Q = 0.278 C I A \dots\dots\dots(2.40)$$

$$Q = C I A \dots\dots\dots(2.41)$$

Dimana;

Q = debit rencana dengan kala ulang T Tahun (m^3/dtk)

0,278 = konstanta untuk konversi satuan luas daerah km^2

C = koefisien limpasan

I = intensitas curah hujan (mm/jam)

$A = \text{luas daerah aliran (km}^2\text{)}$

2.15 Analisis Hidraulik

Analisis hidraulik dilakukan untuk merancang bentuk saluran drainase yang sesuai, termasuk dimensi, tata letak jaringan saluran, dan juga untuk mengetahui tinggi muka air di dalam saluran, baik yang sudah terhubung ke saluran pembuangan maupun yang belum.

Tujuan utama dari analisis ini adalah mengelola limpasan air akibat hujan ekstrem agar tidak menimbulkan banjir, dengan cara merancang saluran yang dapat menampung debit banjir berdasarkan perhitungan kala ulang. Agar hasil perancangan tepat sasaran, maka diperlukan data dan metode analisis yang akurat.

2.15.1 Jenis Aliran Pada Saluran Drainase

Aliran pada sistem drainase umumnya adalah aliran terbuka, di mana permukaan air bersentuhan langsung dengan atmosfer (tidak tertutup tekanan). Berdasarkan perubahan kedalaman aliran, aliran dibagi menjadi:

- a. aliran seragam, kedalaman air konstan sepanjang penampang saluran.
- b. Aliran tak seragam, kedalaman air berubah sepanjang penampang saluran.

sementara itu jika di tinjau dari perubahan terhadap waktu aliran diklasifikasikan sebagai:

1. Aliran Permanen (stedy flow) : variabel aliran seperti kecepatan, debit, dan kedalaman tidak berubah seiring waktu.
2. Aliran Tidak Permanen (unstedy flow) : karakteristik alirannya berubah terhadap waktu.

Dalam kontek perencanaan drainase ini aliran dianggap sebagai aliran seragam dan permanen artinya debit air dianggap tetap sepanjang saluran lurus

Dengan asumsi tersebut maka perhitungannya dapat di sederhanakan menggunakan persamaan kontinuitas pada umumnya digunakan untuk menghitung aliran seragam. kemudian dapat dihitung dengan menggunakan rumus kontinuitas, berikut persamaanya:

$$Q = A_1.V_1 = A_2.V_2 \dots \dots \dots (2.42)$$

Dengan; A = Luas penampang saluran (m²)

V = kecepatan aliran (m/detik)

2.15.2 Kecepatan Aliran

kecepatan aliran harus memenuhi kriteria tertentu agar tidak menyebabkan kerusakan saluran seperti erosi ataupun sedimentasi. Oleh karena itu, kecepatan minimum dan maksimum ditentukan sesuai jenis bahan saluran yang digunakan. Ada 3 rumus dalam menentukan kecepatan aliran, yakni rumus dari Chezy, Strickler, Manning Tabel 2.14 dapat diketahui besar kecepatan maksimum yang diperbolehkan pada jenis material saluran.

Tabel 2.13 Batas Kecepatan Maksimum Aliran.

Jenis bahan	Kecepatan ijin aliran (m/dtk)	Jenis bahan	Kecepatan ijin aliran air (m/dtk)
Pasir halus	0,45	Kerikil kasar	1,2
Lempung kepasiran	0,5	Batuan besar	1,5
Lanau alluvial	0,6	Pasangan batu	1,5
Kerikil halus	0,75	Beton	1,5
Lempung kokoh	0,75	Beon bertulang	1,5
Lempung padat	1,1		

(sumber:Hasmar2002)

2.15.3 Tinggi Jagaan Saluran Drainase

Mengacu pada standar KP-03, untuk saluran primer yang menangani limpasan dari kawasan non-pertanian, tinggi jagaan yang dianjurkan adalah antara 10 hingga 40 cm, sebagai langkah pengamanan terhadap potensi banjir.

2.15.4 Kemiringan Saluran Drainase

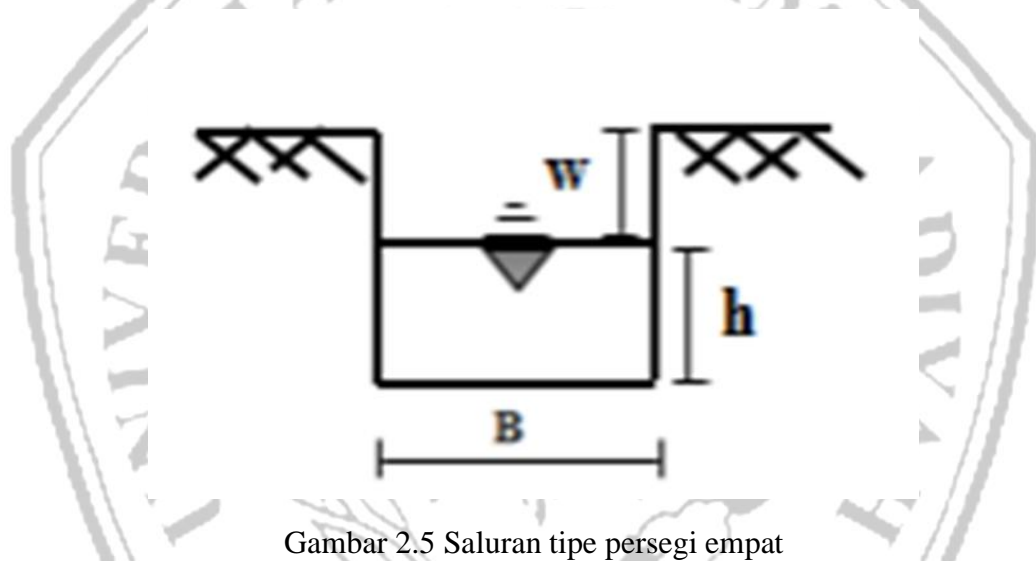
Sudut kemiringan dasar saluran sebaiknya disesuaikan dengan topografi sekitarnya. Jika terdapat potensi rembesan besar dari lingkungan sekitar ke dalam saluran, maka kemiringannya sebaiknya dibuat lebih landai guna mencegah kerusakan. apabila aliran terjadi rembesan yang besar yang dapat

menyebabkan pada sekitar masuk kedalam saluran maka idealnya kemiringan sudut diencanakan lebih landai.

2.15.5 Dimensi Saluran Drainase

Saluran drainase dapat memiliki berbagai bentuk, seperti lingkaran, setengah lingkaran, segi empat, atau trapesium. Pemilihan bentuk tergantung pada efisiensi dan ekonomi. Dimensi yang optimal adalah yang mampu mengalirkan debit maksimum dengan penampang basah minimal, memperhitungkan efisiensi hidraulik, kemudahan konstruksi, dan biaya.

2.15.6 Tipe Saluran Segi Empat



Gambar 2.5 Saluran tipe persegi empat

Pada studi ini saluran direncanakan memiliki penampang persegi empat rumus yang di gunakan untuk menghitung luas dan keliling basah menggunakan persamaan dibawah ini:

$$A = b \times h \dots \dots \dots (2.52)$$

$$P = b + 2 h \dots \dots \dots (2.53)$$

Menentukan kapasitas aliran pada saluran dihitung dengan metode Maning:

$$Q = A \times V \dots \dots \dots (2.54)$$

$$V = 1.49 R^{2/3} S^{1/2} \dots \dots \dots (2.55)$$

$$R = A / P \dots \dots \dots (2.56)$$

Dimana

A = luas penampang

R = jari-jari hidrolik (m)

P = keliling basah (m)

V = kecepatan aliran pada aluran (m/dtk)

Q = debit aliran (m³/dtk)

n = koefisien kekasaran manning

Tabel 2.14 Koefisien Kekasaran Manning (n)

Jenis bahan dan Tipe saluran	Nilai n		
	Minimum	Normal	Maksimum
Gorong-gorong beton lurus bebas dari sedimentasi	0,01	0,011	0,013
Gorong-gorong beton dengan lengkung serta sedikit sedimentasi	0,011	0,013	0,014
Beton poles	0,11	0,12	0,14
Sal. pembuang dengan bak kontrol	0,013	0,015	0,017

(Sumber: Suripin, 2004)